

# Energirenovering af murermesterhus



Henrik Tommerup

## Rapport

Institut for Byggeri og Anlæg  
2010

DTU Byg-Rapport R-225 (DK)  
Juli 2010

## **Forord**

Denne rapport om ”Energirenovering af murermeisterhus” er udarbejdet i forbindelse med EUDP2008-I projektet med titlen ”Energirenovering af typiske bygninger – eksempelsamling”. EUDP er energistyrelsens ”Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram”. Projektet er gennemført med økonomisk støtte fra programmet og har journal nr. 63011-0115.

Projektet er udført af Danmarks Tekniske Universitet (DTU Byg) i tæt samarbejde med Teknologisk Institut, Aalborg Universitet, Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet samt Cowi A/S. Videninstitutionerne i projektet er identiske med kerneaktørerne i Innovationsnetværket LavEByg og arbejdet i projektet har suppleret arbejdet i netværket og omvendt.

Projektet har haft som formål at udvikle metoder og eksempler vedrørende projektering af energimæssigt vidtgående energirenoveringer (lavenergiklasse 1) for derved at stimulere til energibesparelser og øget anvendelse af vedvarende energi i eksisterende bygninger.

Projektets slutrapportering består af en sammenfattende hovedrapport, en rapport med et katalog over typiske energirenoveringstiltag samt en række rapporter med analyser og forslag til energirenovering af forskellige typiske bygninger:

- Energirenovering af typeskole bygning fra 70'erne
- Energirenovering af 70'er parcelhus
- Energirenovering af ældre murermeisterhus
- Energirenovering af etageboligejendom
- Energirenovering af kontorbygning

Alle rapporter er frit tilgængelige på:  
<http://www.lavebyg.dk/Aktiviteter/Formidling/Rapporter.aspx>

Den aktuelle rapport omhandler potentielle muligheder og forslag til energirenovering af et typisk ældre murermeisterhus i Lyngby.

Diana Lauritsen (DTU Byg) har bistået forfatteren i udarbejdelsen af nærværende rapport.

# Indholdsfortegnelse

<b>FORORD.....</b>	<b>1</b>
<b>INDHOLDSFORTEGNELSE.....</b>	<b>2</b>
<b>1 INDLEDNING.....</b>	<b>3</b>
1.1 Einarsvej 18.....	3
<b>2 DET EKSISTERENDE HUS.....</b>	<b>8</b>
2.1 Klimaskærmskonstruktioner.....	8
2.1.1 Tag.....	8
2.1.2 Yder- og indervægge.....	8
2.1.3 Vinduer og døre.....	8
2.1.4 Kælder (ydervægge og dæk).....	9
2.2 Installationer.....	9
2.2.1 Oliefyr.....	9
2.2.2 Varmefordelingsanlæg.....	9
2.2.3 Varmt brugsvand.....	10
2.2.4 Ventilation.....	10
2.3 Indeklima.....	10
2.4 Skygger.....	11
2.5 Energiforbrug.....	11
2.5.1 Be06 beregning.....	12
<b>3 ANALYSE AF ENERGIRENOVERINGSMULIGHEDER.....</b>	<b>13</b>
3.1 Generelle energirenoveringsmuligheder i murermesterhuse.....	13
3.2 Klimaskærm.....	13
3.2.1 Tag.....	13
3.2.2 Ydervægge.....	14
3.2.3 Vinduer og døre.....	16
3.2.4 Kælder.....	16
3.3 Installationer.....	17
3.3.1 Ventilation.....	17
3.3.2 Varmeforsyning.....	17
3.3.3 Solvarme.....	19
<b>4 FORSLAG TIL ENERGIRENOVERING.....</b>	<b>20</b>
4.1 Enkelttiltag.....	20
4.1.1 Definition af tiltag.....	20
4.1.2 Energibesparelser ved enkelttiltag.....	20
4.2 Kombination af tiltag.....	22
4.2.1 Overholdelse af BR08 krav til nye huse.....	22
4.2.2 Lavenergiklasse 2.....	23
4.2.3 Lavenergiklasse 1.....	24
4.3 Økonomiaspekter/-beregninger.....	26
4.3.1 Fremtidige renoveringsudgifter.....	26
4.3.2 Renovering versus at bygge nyt.....	26
4.3.3 Energiøkonomien i energirenovering til lavenergiklasse 1.....	26
<b>5 REFERENCELISTE.....</b>	<b>28</b>

# 1 Indledning

Denne rapport omhandler et eksempel på et typisk murermesterhus opført i perioden 1910-40. Huse fra denne periode omtales ofte som Bedre Byggeskik huse, der var sin tids typehuse, bygget efter typetegninger for husets generelle udformning og bygningsdetaljer som skorstene, tagkviste, gesimser mv. Det samlede etageareal for periodens huse udgør 26,6 mio. m<sup>2</sup>, hertil også 5,7 mio. m<sup>2</sup> kælderareal, svarende til ca. 200.000 huse.

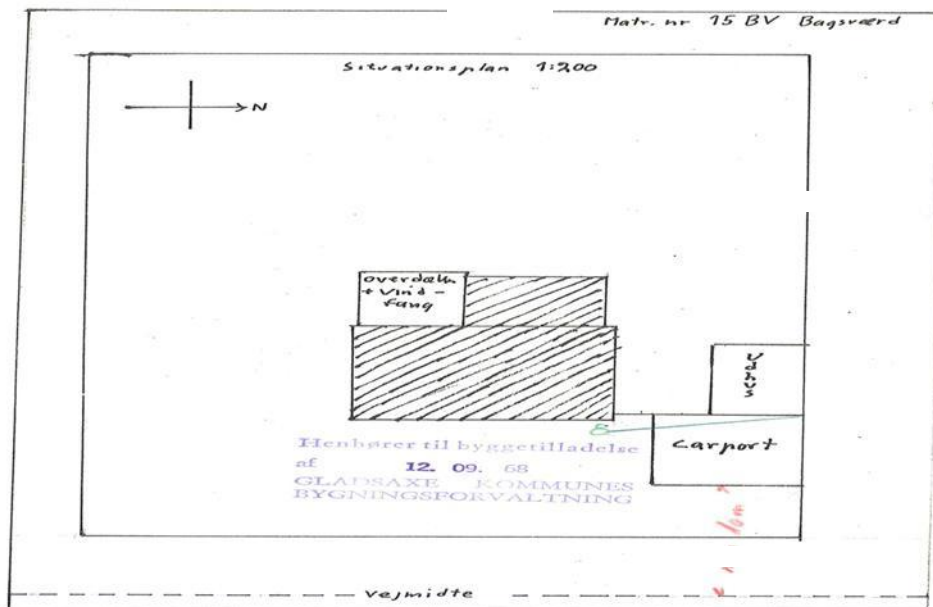
Periodens huse kendes på facader i blank mur eller en glatpudset, kalket overflade, samt et tag i røde teglsten og et enkelt udtryk med få eller ingen udsmykninger i facaden og intet decideret tagudhæng. Der er typisk anvendt klassiske proportioner, som især angik forholdet mellem facaden og taget, vinduernes størrelse og deres placering i facaden med god fordeling for optimalt dagslys mv. De er også kendetegnet ved en god gedigen kvalitet, praktisk og funktionelt indrettet i to etager plus kælder, og er i dag nogle af de mest eftertragtede huse.

Typisk for murermesterhuse er, at de er ringe isoleret, og der er derfor god grund til at undersøge, hvordan denne type boliger energimæssigt kan opgraderes til BR08, lavenergiklasse 2 eller 1 niveau.

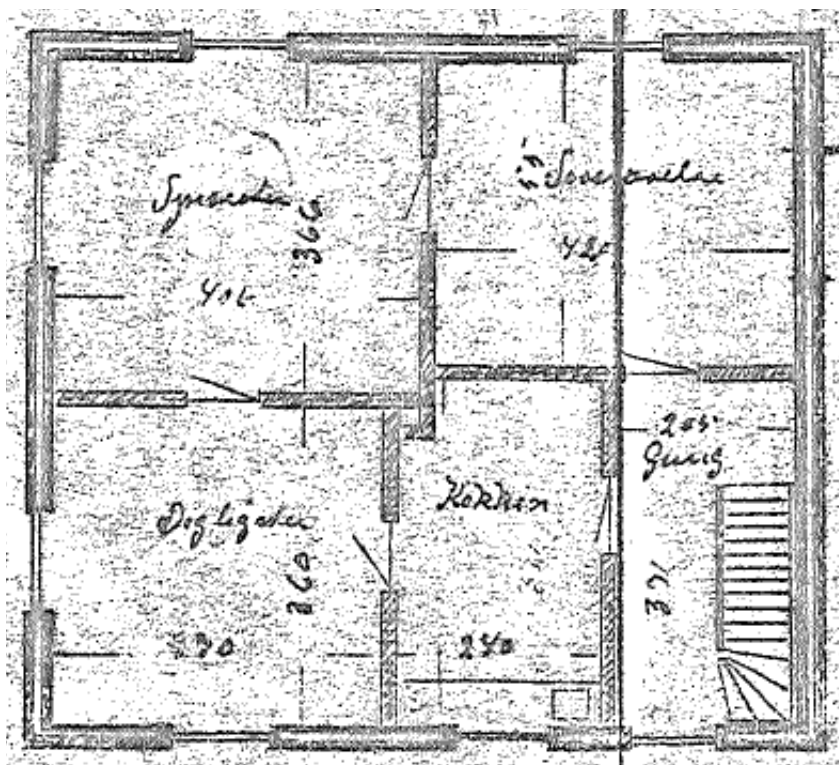
## 1.1 Einarsvej 18

For at illustrerer muligheder og potentiale tages der i det følgende udgangspunkt i et typisk murermesterhus opført i 1934 og beliggende på Einarsvej 18, 2800 Kongens Lyngby. Huset er oprindeligt opført i to etager (122 m<sup>2</sup>) plus fuld kælder (72 m<sup>2</sup>). Kælderen er isoleret og opvarmet med radiatorer, så den er at betragte som opvarmet etageareal. Der er senere (engang i perioden 1950-1965) udført en tilbygning/havestue på 20 m<sup>2</sup> mod vest, så der i alt er et opvarmet etageareal på 214 m<sup>2</sup>. Husets beboere er 2 voksne og 2 teenagebørn.

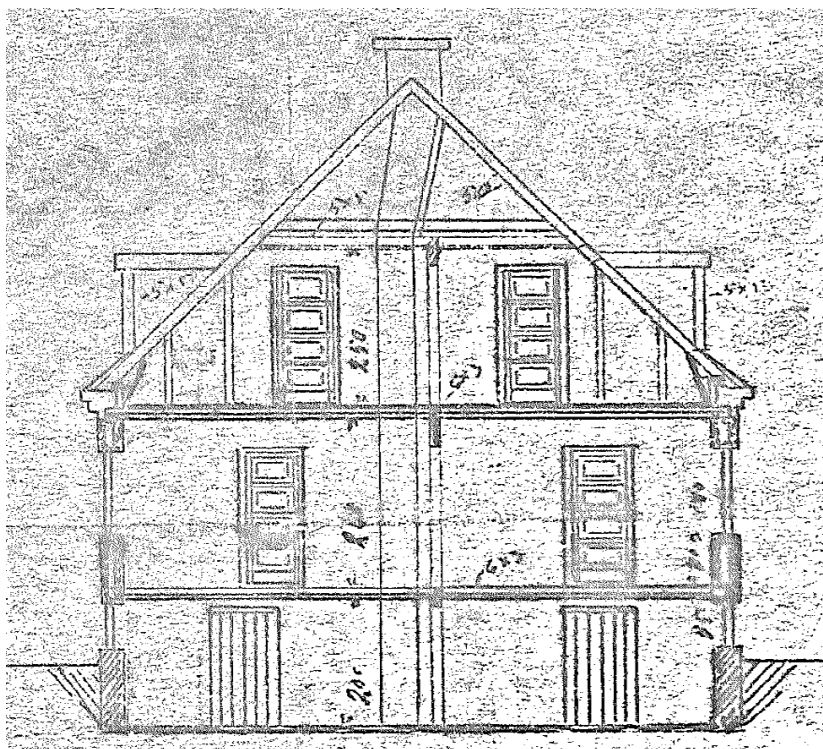
Figur 1-8 viser situationsplan, oprindelig plan, snit, facader og gavle.



Figur 1. Situationsplan

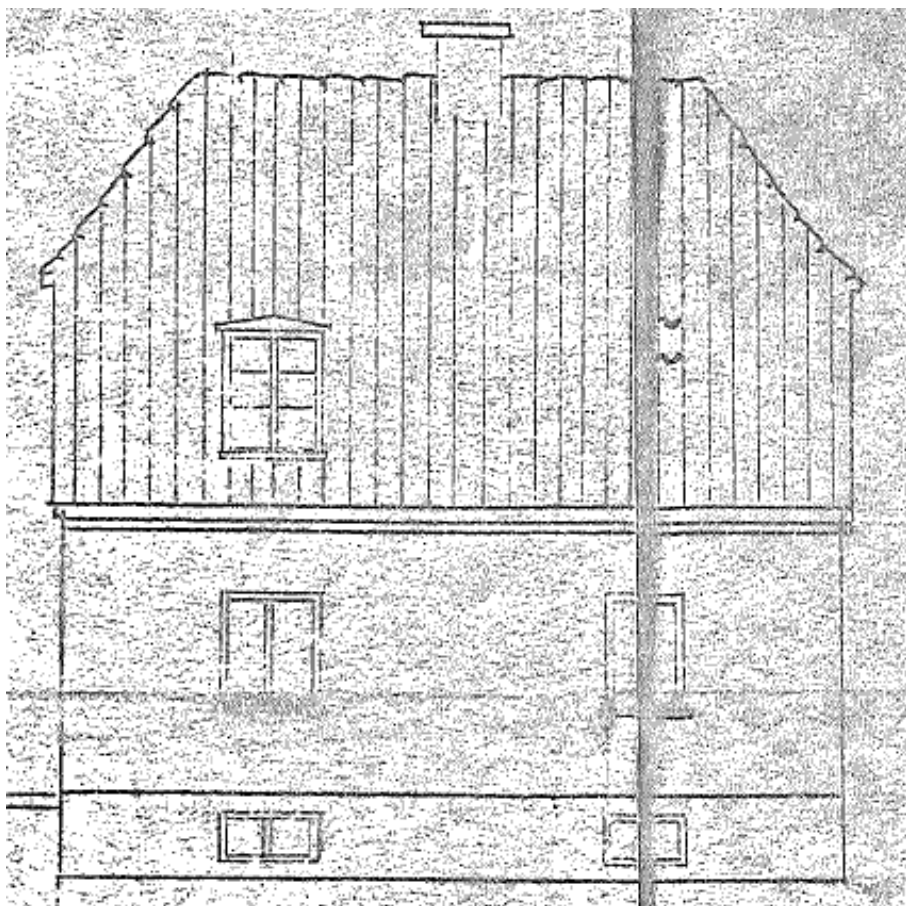


Figur 2. Oprindelig plan med udvendige mål 8,97 x 7,97 m. Køkken, dagligstue og spisestue er i dag ét stort rum.



Figur 3. Oprindeligt snit.





Figur 4. Oprindelig skitse af den vestvendt (have)facade. Vinduet til højre er konverteret til en dør i forbindelse med tilbygningen.

For at få et mere realistisk billede af hvordan huset ser ud i dag, er der i Figur 5-7 vist billeder af husets facader.



Figur 5. Østvendt facade med indgangsparti og kvistvindue plus mindre tagvindue på 1. salen





Figur 6. Gavl mod syd



Figur 7. Facade mod vest med tilbygning i lette konstruktioner sammenbygget med det oprindelige hus via en mellemgang, samt overdækket terrasse.



Figur 8. Gavl mod nord med tilbygningen på den vest vendte facade.



## 2 Det eksisterende hus

I det følgende vil de eksisterende klimaskærmskonstruktioner og installationer blive gennemgået med henblik på beskrivelse af de energimæssige forhold, som grundlag for en beregning af husets energibehov.

### 2.1 Klimaskærmskonstruktioner

#### 2.1.1 Tag

Taget er en traditionel konstruktion af hanebåndsspær med en taghældning på 45° og beklædt med røde vingetegl og uden decideret udhæng. Det har to kviste - en mod øst og en mod vest - med to-fags vinduer i samme størrelse og udformning som facadevinduer.

Hanebåndsløftet er isoleret med 100 mm mineraluld. Det samme antages at gælde skunken, som det ikke umiddelbart var muligt at inspicere. Der er regnet med en U-værdi på 0,38 W/m<sup>2</sup>K (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.1.6, Lbr. 6.5).

I skråvægge er der typisk ikke plads til mere isolering end svarende til spærhøjden fratrukket en ventilationsspalte. Det skønnes at konstruktionen er opbygget af brædder på bjælker med 50 mm isolering og en U-værdi på 0,60 W/m<sup>2</sup>K (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.1.6, Lbr. 6.4).

#### 2.1.2 Yder- og indervægge

Ydervægge i det oprindelige hus er opført som 30 cm hulmur med facader i blank mur, som på et tidspunkt er blevet hulmursisoleret. Disse tunge vægge består af :

110 mm tegl udvendigt

Ca. 75 mm mineraluld

110 mm tegl indvendigt

Der er fuld udmuring omkring vinduer og døre mv.

U-værdi: 0,60 W/m<sup>2</sup>K (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.1.2, Lbr. 2.4).

Ydervægge i tilbygningen er udført 10 cm lette og isolerede træskeletvægge med træbeklædning.

U-værdi: 0,60 W/m<sup>2</sup>K (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.1.3, Lbr. 3.3).

Indervægge er i tegl i stueetagen, mens der er en blanding af tunge og lette indervægge på 1. salen.

#### 2.1.3 Vinduer og døre

Facadevinduer er ældre 2-fags trævinduer med termoruder og en glasandel på ca. 60 %. I tilbygningen / havestuen er der anvendt almindelige ”put-i-hul-vinduer” med ca. 80 % glas. Vinduespartiet (glasskydedøren) i soveværelset på 1. sal (gavl mod syd) er lidt usædvanligt udført i alu profiler uden kuldebroafbrydelse.

U-værdi for vinduer og døre: 2,6 – 2,9 W/m<sup>2</sup>K og g<sub>g</sub> = 0,76 (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.2).

Der er regnet med skygger i form af horisontvinkel (eksterne skygger) og vinduesplacering i vindueshul (10 %). Solafskærmning anvendes i havestue og værelser på 1. sal i form af

almindelige, indvendige, manuelt styrede gardiner og lignende. Der er regnet med en resulterende solafskærmningsfaktor på 0,8.

#### **2.1.4 Kælder (ydervægge og dæk)**

Kælderen er støbt i beton og omtrent halvdelen af kælderen ligger under terræn. Lofthøjden er ca. 2 m under bjælker og ca. 2,1 m mellem bjælkerne. På et tidspunkt har de tidligere ejere efterisoleret kælderydervæggene indvendigt med ca. 5 cm mineraluld og pladebeklædning. Der er også tidligere udført fugtsikring af kælderydervægge inkl. dræn. Ifølge de nuværende ejere er der i den forbindelse ikke foretaget en udvendig efterisolering. Den indvendige efterisolering er derfor formentligt udført før fugtsikringen af kælderen.

For kælderydervægge af 30 cm beton og med 50 mm isolering og afsluttende med pladebeklædning er U-værdien 0,48 W/m<sup>2</sup> K (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.1.4, Lbr 4.2).

Linietalet for kælderydervægsfundamentet er fastlagt ud fra DS 418 (tabel 6.13.4a., hævet 30 cm, d<sub>t</sub> 1,0 m) til  $\Psi_f = 0,30$  W/mK.

Kældergulvet antages opført som betondæk direkte mod jord.  
U-værdi: 0,48 W/m<sup>2</sup>K (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.1.9, Lbr. 9.1).

For kælderydervægge mod jord, kældergulv og kælderydervægsfundamenter er der regnet med en temperaturfaktor på 0,7.

## **2.2 Installationer**

### **2.2.1 Oliefy**

Huset varmforsynes via et ældre oliefy fra 1975, fabrikat HS Tarm, type BK E 38678, som er placeret i kælderen. På fyrets mærkeplade er der anført tallet 30 Mcal/h, som antages at angive den nominelle effekt, der kan omregnes til 35 kW. Det dimensionerende varmetab for huset er ca. 15 kW, og tages der højde for virkningsgraden af fyret, så kan det omtrent levere dobbelt så meget varme, som der er brug for.

Anvendte kedeldata: Oliefyrede små kedler, typen ”Ældre, middel” (Energistyrelsen, 2008, bilag 4.4.1, nr. 2). Cirkulationspumpen (kombi) er UPS 20-45 med nominel effekt på 44 W. Manuel styring og reduktionsfaktor på 0,8.

### **2.2.2 Varmefordelingsanlæg**

Varmefordelingsanlægget er et vandbåret to-strengs radiator anlæg. Radiatorerne er placeret under vinduerne, men ikke i indhak/nicher under vinduerne, som er meget typisk for periodens huse. Opvarmningen af tilbygningen er en speciel løsning med uisolerede varmerør ført rundt i rummet langs gulvet bag et fodpanel af metal. Kredsen er termostatstyret.

### 2.2.3 Varmt brugsvand

Brugsvandsbeholder er en integreret del af oliefyret og er på ca. 100 liter med en beskedne isolering på ca. 10 mm. Det skønnes at varmetabet fra beholderen er 3 W/K (Energistyrelsen, 2008, bilag 4.3.6). Der er forudsat et standard forbrug af varmt brugsvand på 250 l/m<sup>2</sup>/år (opvarmet fra 10 til 55 °C). Figur 2.4 viser et billede af oliefyr og varmtvandsbeholder. Der er ikke cirkulation på det varme brugsvand.



Figur 9. Kælder med oliefyr og integreret varmtvandsbeholder. Billedet til højre viser bunden af unitten med ældre Grundfos pumpe (UPS) og brænder mv.

### 2.2.4 Ventilation

Huset er naturligt ventileret. Der er ikke friskluftventiler i vinduerne og friskluftindtag i ydermurene er blokeret indvendigt og har derved ingen fornuftig funktion. Ventilationen tilvejebringes derfor via utætheder i klimaskærmen (især vinduer og tilslutninger til vægge) og åbning af vinduer. Der er regnet med en naturlig ventilation om vinteren på 0,30 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal samt et maksimalt luftskifte om sommeren på 1,2 l/s/m<sup>2</sup>.

## 2.3 Indeklima

Ejerne synes generelt at indeklimaet er godt. De lufter ikke ud på en systematisk måde og holder en moderat indetemperatur (ca. 20°C). De har en tør kælder (fugtsikret og drænet) med relativt god ventilation via ”gør-det-selv” friskluftventiler i kældervinduerne, udsugning på badeværelse og kattedlem i kælderdøren. Der er dog en fugtskade i kælderen ved hovedtrappen, som ejerne er ved at udbedre ved at lave omfangsdræn mv. ved hovedtrappen.

De har ikke problemer med indvendig kondens på ruder/rudekanter, hvilket kan hænge sammen med at stort set alle ruder i stueetagen er punkterede og derfor fungerer som affugtere. Det må konkluderes at luftskiftet er fornuftigt.

Ejerne er ved at renovere køkken/alrum inkl. ny emhætte og nye (tætte) vinduer, hvoraf nogle vil være med friskluftventiler. Dette antages at være godt nok til at opretholde et godt indeklima, hvis eventuelt luftaftræk via emhætte kombineres med andre aftræk.



Naturlig ventilation giver anledning til et stort varmetab og ukontrollerbart luftskifte med eventuelle trækgener på grund af indtag af kold udeluft, så det bør i forbindelse med yderligere renovering og tætning af huset overvejes at lave mekanisk ventilation med varmegenvinding for kontrolleret indblæsning af tempereret udeluft og bedre bolig komfort og indeklima samt mindre energiforbrug.

## 2.4 Skygger

Som det ses af Figur 10 er der flere høje træer på egen grund mod syd og syd vest. Træerne skygger for de syd og vest vendte tagflader. Træerne vil have nogen indflydelse på udnyttelse af den passive solvarme. Men der bør gennemføres en nøjere skyggeanalyse i forbindelse med evt. installation af solvarme og solceller. Udover at skygge, så udgør det store træ mod syd-vest, som er placeret meget tæt på huset og i den fremherskende vindretning, en risiko for huset i en kraftig storm. Ved at fjerne træet opnås også at det ikke fylder tagrender mv.



Figur 10. Skyggegivende træ mod syd og sydvest.

## 2.5 Energiforbrug

Ejeren oplyser at der fyres med 2.000 – 3.000 l olie om året, afhængig af hvor kold en vinter, der er tale om. Ved en gennemsnitsvinter, svarende til reference vejråret, kan der altså forventes et forbrug på 2500 liter olie pr. år. Det har ikke været muligt at kvalificere dette forbrug yderligere. I køkken/alrum og stue (et stort rum) er der installeret en brændeovn, som dog mest bruges for hyggens skyld. Der fyres årligt med 2-3 rummeter (stabled) brænde. Forudsat at 1 rummeter vejer 400 kg og at 1 liter olie svarer til 2,5 kg træ, så svarer brændeforbruget til 400 liter olie. Det samlede varmeforbrug ligger altså i størrelsesordenen 3000 liter olie = 30.000 kWh = 140 kWh/m<sup>2</sup> opvarmet etageareal.

Elforbruget i året 2009 var ca. 10.000 kWh, idet det er reduceret jævnt fra 12.000 kWh i 2005 ved fokus på udskiftning af glødepærer med lavenergipærer mv. Elforbruget er dog fortsat meget højt i forhold til et gennemsnitligt elforbrug i enfamiliehuse på ca. 4.000 kWh/år. En stor del af det ekstra elforbrug i forhold til den gennemsnitlige husstand, kan forklares ved hjemmearbejdsplads (der benyttes dagligt), teenagebørn og et formentligt betydeligt elforbrug til oliefyret. Der er i øvrigt konstateret et stort ”stand-by forbrug” om natten målt til

200 W, hvilket også forklarer en del af elforbruget. Det er kun bygningsdrift elforbruget til opvarmning og ventilation, der indgår i Be06 beregningerne nedenfor.

### 2.5.1 Be06 beregning

På baggrund af registreringerne i afsnit 2.1-2 er der opbygget en model af huset i Be06 version 4, 8, 7, 12.

Be06 beregningen resulterer som vist i Figur 11 i et årligt energibehov på 174,6 kWh/m<sup>2</sup>. Hvilket er mere end 2 gange højere end BR08 energirammen på 80,3 kWh/m<sup>2</sup>.

Nøgletal, kWh/m <sup>2</sup> år	
<b>Energiramme</b>	
BR: 80,3	Klasse 2: 57,5      Klasse 1: 40,1
<b>Samlet energibehov</b>	174,6
<b>Bidrag til energibehovet</b>	
Varme	169,2
El til bygningsdrift	2,2 *2,5
Overtemp. i rum	0,0
<b>Netto behov</b>	
Rumopvarmning	104,3
Varmt brugsvand	17,4
Køling	0,0
<b>Udvalgte elbehov</b>	
Belysning	0,0
Opvarmning af rum	0,0
Opvarmning af vbv	0,0
Varmepumpe	0,0
Ventilatorer	0,0
Pumper	1,4
Køling	0,0
Totalt elforbrug	32,8
<b>Varmetab fra installationer</b>	
Rumopvarmning	0,0
Varmt brugsvand	4,3
<b>Ydelse fra særlige kilder</b>	
Solvarme	0,0
Varmepumpe	0,0
Solceller	0,0

Figur 11. Nøgletal fra Be06 beregning for huset som det ser ud i dag.

Hovedparten af energibehovet er varmebehov. Heraf er en stor del varmetab relateret til det gamle og relativt ineffektive oliefyr. En sammenligning af det beregnede netto og brutto varmebehov, viser at den gennemsnitlige årlige virkningsgrad er 72 %.

Varmebehovet beregnet overfor udgør 169 kWh/m<sup>2</sup>, mens det faktiske varmeforbrug er estimeret til 140 kWh/m<sup>2</sup>. Forskellen kan umiddelbart forklares ved et formentlig større internt varmetilskud (stort elforbrug), måske en lidt mindre ventilation og lidt lavere temperatur i kælderen end forudsat i beregningerne, som alle trække i retning af mindre varmebehov. Der er en del usikkerhed forbundet med opgørelsen af det faktiske varmeforbrug, men overordnet set er der tilfredsstillende overensstemmelse.

### **3 Analyse af energirenoveringsmuligheder**

Der er udarbejdet en vedligeholdelsesplan for huset, dvs. der er foretaget en byggeteknisk gennemgang af huset med henblik på udbedringer og fremtidig vedligeholdelse. Den er udarbejdet af Bolius Boligejernes Videncenter A/S efter besøg på ejendommen den 2. oktober 2009.

Vedligeholdelsesplanen beskriver at husets generelle bygningsfysiske og funktionelle tilstand er mindre god. Tag og vinduer står over renovering/udskiftning inden for nærmeste fremtid. Samtidig er der behov for en delvis omfugning af murværksfuger. Huset opvarmes af et ældre oliefyur, som med fordel kan udskiftes til et moderne kondenserende oliefyur eller anden form for varmforsyning. Huset trænger generelt til indvendig renovering og modernisering, af f.eks. elinstallationer, gulve, køkken og badeværelse.

#### **3.1 Generelle energirenoveringsmuligheder i murermesterhuse**

Murermesterhuse er kompakte i udformning, hvilket begrænser varmetabet fra klimaskærmen. Bagmuren er typisk teglsten med gode varmeakkumuleringssegenskaber, hvilket medfører mindre varmeforbrug og ikke mindst mere stabile indetemperaturer.

Efterisolering af tagkonstruktionens skunk, skråvægge og loft kan typisk nemt lade sig gøre, dog er der begrænset muligheder ved skråvægge. Der er mulighed for at konvertere skunken til en varm skunk. Efterisolering af ydervæggene kan være problematisk på grund af ofte bevaringsværdige facader, samt fugtproblemer (f.eks. bjælkeender) og ringere varmeisolering og varmeakkumulering ved indvendig isolering. Hvis huset i forvejen har pudsede facader vil det være nemmere for husejere at acceptere en udvendig efterisolering. Hulmursisolering har på grund af udmuringer omkring f.eks. vinduer og døre og eventuelle faste bindere (kuldebroer) en begrænset varmeisoleringseffekt.

Det vil være oplagt at kombinere en facaderenovering og efterisolering med nye vinduer og en tagrenovering, hvor taget forhøjes af hensyn til isoleringsniveau og sammenbygning med den nye facade. Eventuel indvendig efterisolering bør ses i sammenhæng med renovering af installationer. En oplagt mulighed ved energirenovering af murermesterhuse er også at forøge brugsværdien af kælderen ved at fugtsikre, isolere og dræne kælderen, alternativt kun at isolere dæk over kælder og varmeinstallationer i kælderen.

#### **3.2 Klimaskærm**

I det følgende er der redegjort for mulighederne for energirenovering af klimaskærmen i det aktuelle hus.

##### **3.2.1 Tag**

Taget vurderes i ovennævnte vedligeholdelsesplan at have en restlevetid på 4-6 år. Der er umiddelbart to oplagt tiltag.

- Skifte hele taget inkl. efterisolering til lavenerginiveau
- Efterisolering af hanebåndsloftet

Det førstnævnte tiltag er oplagt, da udskiftning af taget er nært forestående. Der bør under alle omstændigheder investeres i vedligeholdelse af taget for at undgå alvorlige fugt og vandskader, og disse penge kan spares ved at fremrykke udskiftningen en smule. Et nyt tag inklusiv efterisolering, udnyttelig skunk i form af ”varme” skunk eller skunk med gulv, nye



kviste mv. vurderes af Bolius at koste 320 – 380 tkr inkl. moms. I henhold til bygningsreglementet skal skunk, skråvægge og loft efterisoleres til en U-værdi på højst 0,15 W/m<sup>2</sup>K svarende til ca. 250 mm mineraluld. Det anbefales dog at benytte muligheden for at efterisolere yderligere til en U-værdi på 0,10 W/m<sup>2</sup>K (ca. 400 mm isolering).

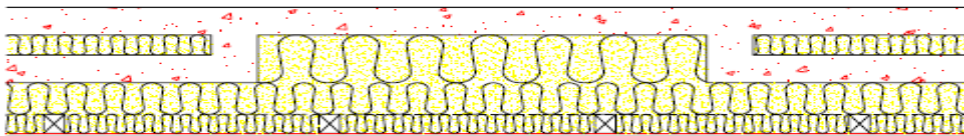
Et alternativ til en tagudskiftning er blot at efterisolere loftet. Der er ikke adgang til skunkrum, men det er forudsat at skunken er relativt godt isoleret samt at skråvægge er isoleret svarende til pladsforholdene (formentlig 50 mm). Det vil umiddelbart være muligt at foretage efterisoleringen indefra, men det vil være problematisk at placere isoleringen korrekt langs facaderne, idet arbejds højden er minimal. Det forudsættes at loftet efterisoleres med 300 mm isolering fra nuværende 100 mm til 400 mm og U-værdi på 0,10 W/m<sup>2</sup>K inkl. etablering af ny gangbro.

### 3.2.2 Ydervægge

Det er mulighed for at efterisolere husets ydervægge indvendigt og udvendigt. For begge tiltags vedkommende er der tale om vidtgående tiltag, som bedst etableres i sammenhæng med renoveringstiltag, der alligevel skal gennemføres. Der er forskellige fordele og ulemper ved de to typer efterisolering. Indvendig efterisolering reducerer f.eks. boligarealet og er fugtteknisk problematisk, men udvendig efterisolering påvirker husets udseende og arkitektur.

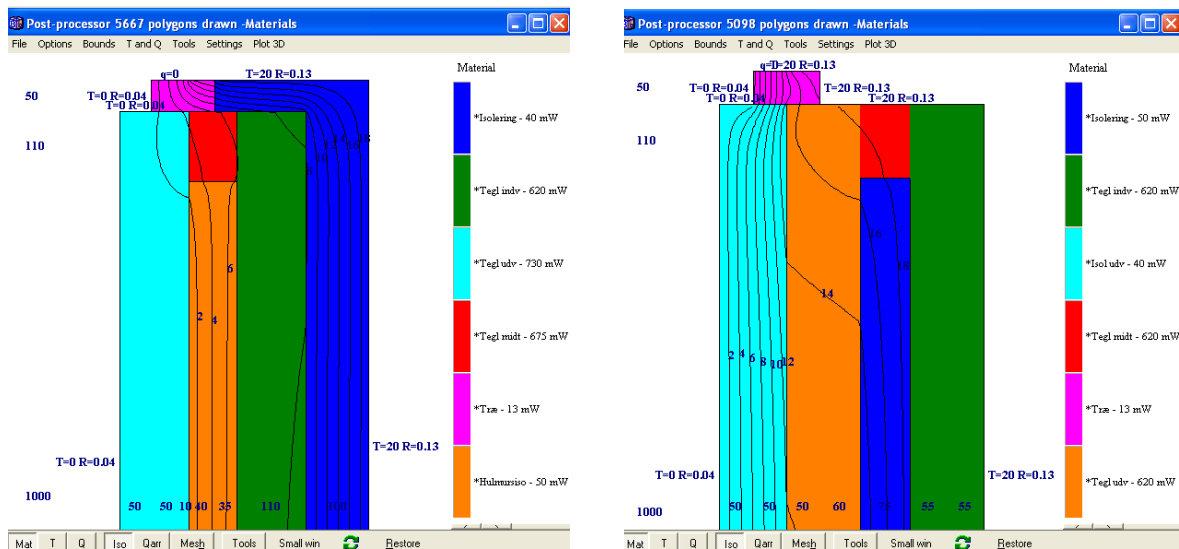
#### Indvendig isolering

Indvendig efterisolering er relevant i forbindelse med en indvendig modernisering og renovering, herunder f.eks. af elinstallationer. Dette behov er faktisk til stede i det aktuelle hus. Indvendig efterisolering er generelt fugtteknisk problematisk og stiller store krav til udførelsen, så der opnås en lufttæt konstruktion. Desuden skal man være opmærksom på at fugtforholdene omkring enderne af de bærende træbjælker ændres, som følge af det reducerede varmetab, hvilket øger risikoen for rådskader. På grund af kuldebroer ved vindueslysninger, skillevægge og etageadskillelser er indvendig efterisolering mindre energieffektiv end tilsvarende udvendig efterisolering.



Figur 12. Eksempel på indvendig efterisolering med friholdt skelet – vandret snit i hulmur med radiatorniche, som findes i mange ældre muremesterhuse, men ikke i det aktuelle hus.

Detaljerede varmetabsberegninger på effekt af skillevægge og vindueslysninger viser at der med 100 mm indvendig efterisolering (mineraluld) kan opnås en U-værdi på ca. 0,30 W/m<sup>2</sup>K, mens der med tilsvarende tykkelse udvendig kan opnås en U-værdi på ca. 0,25 W/m<sup>2</sup>K. Den udvendige isolering er altså ca. 20 % mere energieffektiv. Forskellen er illustreret i Figur 13, hvor det ses at indvendig efterisolering (inkl. isolering af lysning i tykkelse svarende til karmbredde) giver anledningen til større knæk på isotermerne, hvilket indikerer større 2D varmemstrømme og derfor relativt større varmetab.

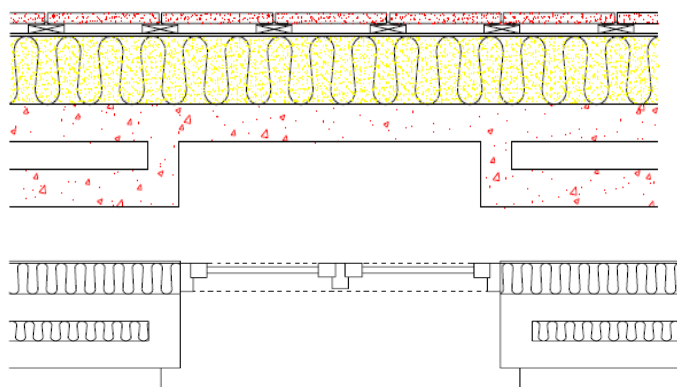


Figur 13. Isothermer i samling mellem ydervæg og vindue ved indvendig efterisolering og isolering i lysninger (venstre) og udvendig efterisolering (højre).

Ved indvendig efterisolering erstattes den indvendige overflade af ydervæggene af murværk med gips med en mindre varmeakkumulerende evne. Det antages derfor, at varmekapaciteten af bygningen ændres fra 120 til 80 Wh/m<sup>2</sup>K.

### Udvendig isolering

Udvendig facadeisolering af typiske muremsterhuse uden decideret udhæng er relevant i forbindelse med behov for udskiftning af tag og vinduer og f.eks. omfugning af murværk. Disse behov er til stede i det aktuelle hus. Ved at skifte taget samtidig med facadeisoleringen kan taget tilpasses den tykkere facade og ved også at skifte vinduerne kan de flyttes med ud i den nye facade, hvilket er varmeteknisk optimalt. Den nye isolering og regnskærm beskytter den eksisterende mur, så konstruktionens levetid forlænges. Udvendig efterisolering er sammenlignet med indvendig efterisolering er betydeligt effektivere energimæssigt set, idet kuldebroer elimineres og ydervæggen varmeakkumuleringssevnen er uændret. En eventuel fordel ved udvendig facadeisolering er at den kan give huset et nyt og moderne udseende.



Figur 14. Eksempel på udvendig facadeisolering med regnskærm af pladebeklædning - vandret snit ved typiske radiatornicher (øverst) og i vinduer (nederst). Det aktuelle hus har dog ikke indhak i brystningerne.

Det vil være oplagt at isolere til et isoleringsniveau på 200 eller 300 mm mineraluld, hvor sidstnævnte må betragtes som lavenergiveau. Det er vigtigt at fremtidssikre

isoleringsniveauet. Det er billigt at isolere mere, når nu man er i gang, så det taler for at anvende 300 mm mineraluld.

Der findes et isoleringssystem på markedet hvor der med 290 mm udvendig efterisolering på hulmur med 75 mm hulmursisolering kan opnås en U-værdi på 0,10 W/m<sup>2</sup>K.

### 3.2.3 Vinduer og døre

Vinduer og døre trænger til udskiftning, det gælder alle vinduer, også dem i kælderen. Det vil som nævnt være oplagt at udskifte dem med lavenergivinduer i forbindelse med en total klimaskærmsrenovering inklusiv facade og tag.

Der er umiddelbart mulighed for at udskifte vinduerne med følgende to varianter:

- Vinduer med 2-lags energiruder med argon fyldning og en gennemsnitlig U-værdi på 1,5 W/m<sup>2</sup>K og en g<sub>g</sub>-værdi på 0,63
- Vinduer med 3-lags energiruder med argon med en gennemsnitlig U-værdi på 0,8 W/m<sup>2</sup>K og en g<sub>g</sub>-værdi på 0,50

Det antages at de nye vinduer har væsentligt smallere ramme-karm konstruktion end de eksisterende vinduer svarende til en glasandel på 85 %.

Det antages at vinduer og døre indbygges uden linietaf omkring vinduer og døre.

### 3.2.4 Kælder

Kælderydervæge kan efterisoleres indvendigt, men det er fugtteknisk problematisk og vurderes umiddelbart ikke at være et fornuftigt tiltag. Derimod vil det være oplagt at foretage en udvendig efterisolering inkl. fugtsikring og dræn, for at reducere varmetabet, men også for at sikre kælderen mod fugt og vandindtrængen. Tiltaget er under alle omstændigheder et relevant tiltag, men udføres bedst samtidigt med en udvendig facadeisolering.

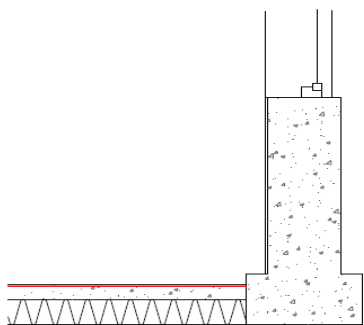
Det aktuelle hus er faktisk efterisoleret indvendigt på kælderydervæggene og har fået lavet omfangsdræn mv. Kælderen er tør og indeklimaet er acceptabelt. Der er derfor umiddelbart ikke relevant isolere kælderydervæggene mod jord. Kælderydervæggene mod det fri bør dog efterisoleres udvendigt i forbindelse med udførelse af den udvendige facadeisolering.

Kældergulvet kan på relativt enkel måde efterisoleres ved at etablere et bræddegulv på strøer på egnet plastfolie til fugtsikring (skal føres ca. 15 cm op ad væggene). Mellem strøerne kan udlægges op til 50 mm mineraluld. Metoden kræver at ikke alt for lav loftshøjde og helst min. 210 cm og kan kun udføres, hvis kældergulvet ikke er fugtigt. Er det tilfældet, skal fugtproblemet løses først ved isolering, fugtsikring og dræn af kælderydervæggene. Kælderen er generelt tør og højden imellem bjælkerne er ca. 2,1 m, så kravene er opfyldt.

U-værdi: 0,20 W/m<sup>2</sup>K (Energistyrelsen, 2008, bilag 3.1.9, Lbr. 9.4).

Hvis man ønsker at etablere en højisoleret kældergulv konstruktion, er metoden enten at etablere et nyt gulv med f.eks. vakuum isolering (se [www.barsmark.com](http://www.barsmark.com)) og evt. gulvvarme. Dette vil give en pæn energibesparelse og et helt andet og bedre indeklima. "Byggehøjden" for et sådant gulv vil være under 10 cm, ligesom ved førstnævnte metode. Alternativt kan man fjerne den eksisterende konstruktion, foretage udgravning og derefter etablere en ny højisoleret konstruktion (se Figur 15)





Figur 15. Eksempel på efterisoleret kældergulv ved fjernelse af eksisterende dæk, udgravning og etablering af ny højisoleret konstruktion.

Isolering af kældre giver flere muligheder for at udnytte den til andet end opbevaring og fyr- og vaskerum. Hvis der efterisoleres og også ombygges, så der opnås godkendelse til beboelse, stiger anvendelsesværdien og alt andet lige også boligens værdi - men energiforbruget og ejendomsværdiskatten stiger også. Godkendelser af kældre til beboelse kræver bl.a. at der er mindst 2,30 m fra gulv til loft, hvilket for typiske murermesterhuse kræver udgravning af kælderen (se under ”kældergulv”).

### 3.3 Installationer

#### 3.3.1 Ventilation

For at sikre en ensartet og optimal ventilation inkl. reduceret varmetab, er det en mulighed at installere et mindre mekanisk ventilationsanlæg med både udsugning og indblæsning og med varmegenvinding. Aggregatet placeres f.eks. i husets teknikrum (kælderen).

Ventilationskanalerne føres rundt i huset afhængig af hvor der skal være udsugning (køkken, bad o. lign.) hhv. indblæsning (opholdsrum).

Der bør vælges et ventilationsaggregat med høj varmegenvindingsgrad. For typiske aggregater med modstrømsveksler kan der regnes med 85 %. Der bør også vælges et aggregat med lavenergiventilatorer. Samlet set kan der sikres et lavt elforbrug ved at udforme kanalsystem inkl. indblæsning og udsugning med lavt tryktab. Der antages et elforbrug svarende til en SEL-værdi på  $0,6 \text{ kJ/m}^3$ .

Det er vigtigt med en god tæthed af klimaskærmen, så det meste af luftskiftet går gennem varmeveksleren. Så det antages, at huset i forbindelse med renovering tættes til et niveau svarende til et luftskifte på  $1 \text{ l/s/m}^2$  ved et almindelig trykprøvning på 50 Pa, hvor minimumskravet til nye bygninger er  $1,5 \text{ l/s/m}^2$ . Dette svarer normalt til en infiltration på  $0,1 \text{ l/s/m}^2$ .

#### 3.3.2 Varmeforsyning

Den nuværende varmforsyning består af et oliefyr fra 1975. I haven er nedgravet en gammel olietank, som på grund af nye regler er blevet ulovlig, så ejerne skal/vil gøre noget ved deres varmforsyning. Ejeren er interesseret i følgende muligheder:

1. Skift til kondenserende oliefyr
2. Skift til kondenserende gasfyr (der er gas i vejen)
3. Skift til varmepumpe (jordvarmepumpe) i stedet for gas/oliefyr
4. Skift til fjernvarme (tidligst en mulighed i 2017)

For mulighed 1 og 2 anvendes kedeldata fra (Energistyrelse, 2008, bilag 4.4.1). Der antages installeret en ny velisoleret varmtvandsbeholder på 100 l med et varmetab på 1,3 W/K. Ved varmepumpe er der behov for en større varmtvandsbeholder end ved gas/oliefyld (se nedenfor).

For løsningsmulighed nr. 3 undersøges en jordvarmepumpe med dataene vist i Figur 16. Den relative COP er sat til 1,1, da der forudsættes anvendes en frekvensstyret varmepumpe. Den eksisterende varmtvandsbeholder på 100 l udskiftes med en større 200 l beholder med et varmetab på 1,9 W/K, da varmeoverførslen fra en varmepumpe til en brugsvandsbeholder ikke er høj, dvs. det går langsomt at få varmet brugsvandsbeholderen op efter tapning. Ved at have en stor beholder undgås en beregningsteknisk supplerende opvarmning af brugsvandet med direkte el.

Varmepumpens nominelle effekt varierer afhængig af det aktuelle opvarmningsbehov: 10 kW hvor varmepumpen er det eneste tiltag og mindre når varmepumpen kombineres med andre tiltag, der reducerer opvarmningsbehovet.

Beskrivelse		Ny jordvarmepumpe
<b>Varmepumpe</b>		
Type	Andel af etageareal, -	VBV 200 liter
Kombineret	0	
<b>Rumopvarmning</b>		
Type		VBV
6	6	Nominel effekt, kW
3,5	3,5	Nominel COP, -, Inklusive pumper, ventilatorer og automatik
1,1	0	Rel. COP ved 50% last, -
<b>Test-temperaturer, °C</b>		
0	0	Kold side
45	45	Varm side
Jordslange	Jordslange	Kold side: Jordslange, Aftræk eller Udeluft
Varmeanlæg		Varm side: Rumluft, Indblæsning eller Varmeanlæg
0	0	Særligt hjælpeudstyr, W, som ikke er med i nominal COP
50	0	Automatik, stand-by, W, (konstant drift)
<b>Varmepumper tilknyttet ventilationen</b>		
0	0	Temp. virk.grad for vgv før VP, -
0		Dim. indblæsningstemperatur, °C
0	0	Luftstrøm, m³/s

Figur 16. Be06 inddata for en jordvarmepumpe.

Skift til fjernvarme er taget med som en teoretisk mulighed, idet fjernvarme reelt ikke er en mulighed for det aktuelle hus, da det først om mange år måske bliver muligt i forbindelse med fremtidssikring af energiforsyningen som Gladsaxe Kommune er i gang med og som i første omgang har fokus på ny fjernvarmeforsyning af erhverv og større boligkomplekser.

### 3.3.3 Solvarme

Et solvarmeanlæg til opvarmning af varmt brugsvand bør også overvejes. Derfor undersøges et solvarmeanlæg med dataene vist i Figur 17. Den eksisterende varmtvandsbeholder på 100 l udskiftes med en 200 l solvarmebeholder med et varmetab på 1,9 W/K, hvor den primære varmforsyning om vinteren holder den øverste ca. tredjedel på den ønskede brugsvandstemperatur. Solfangeren antages placeret på den vestlige tagflade. Der var måske mulighed for at placere den på lille afvalmede del af taget mod syd, eller i haven med samme ideelle orientering og hældning, så effekten af dette undersøges også. Der er regnet med en installation uden skygger i begge tilfælde.

Beskrivelse	Nyt BV solvarmeanlæg		
Type	Brugsvand <input type="button" value="v"/> Brugsvand, Rumopvarmning eller Kombineret		
<b>Solfanger</b>			
<input type="text" value="4"/>	Areal, m <sup>2</sup>	<input type="text" value="0"/>	Horisont afskæring, °
<input type="text" value="v"/>	Orientering	<input type="text" value="0"/>	Skygge, ° Venstre <input type="text" value="0"/> Højre
<input type="text" value="45"/>	Hældning, °	<input type="text" value="3,5"/>	Varmetabskoefficient, W/m <sup>2</sup> K
<b>Rør til solfanger</b>			
<input type="text" value="10"/>	Længde, m	<input type="text" value="0,17"/>	Varmetab, W/m K
<b>Effektiviteter</b>			
<input type="text" value="0,77"/>	Solfanger start, -	<input type="text" value="0,91"/>	Solfangerkreds, -
<b>Beholder og el</b>			
<input type="text" value="200"/>	Beholdervolumen, liter		
<input type="text" value="35"/>	Pumpe i solfangerkreds, W		
<input type="text" value="5"/>	Automatik, stand-by, W		

Figur 17. Be06 inddata for solvarmeanlægget



## 4 Forslag til energirenovering

I det følgende undersøges konsekvenserne af de energibesparende tiltag foreslået i kapitel 3 – både de energimæssige og de økonomiske konsekvenser.

For at kunne vurdere tiltagene enkeltvis beregnes først energibesparelsen for de enkelte tiltag og derefter sammensættes tiltagene for at bringe bygningens energibehov ned på henholdsvis BR08, lavenergiklasse 2 og lavenergiklasse 1 niveau.

### 4.1 Enkelttiltag

Enkelttiltagene vil i det følgende blive opdelt i tre grupper: tiltag vedrørende klimaskærm (K1-K7), installationer (I1-I5) og vedvarende energi (V1).

#### 4.1.1 Definition af tiltag

##### 4.1.1.1 Klimaskærm

- K1: Efterisolering af loftet (afsnit 3.2.1)
- K2: Skift af tag inkl. efterisolering af hele tagkonstruktionen (afsnit 3.2.1)
- K3: Indvendig efterisolering (afsnit 3.2.2) og ændret varmekapacitet (3.2.2)
- K4: Udvendig efterisolering (afsnit 3.1.2) af tunge ydervægge og kælderydervægge mod det fri.
- K5: Skift af alle vinduer til energivinduer med 2-lags energiruder (afsnit 3.2.3):  $U_w=1,5$  ;  $g_g = 0,63$
- K6: Skift af alle vinduer til lavenergivinduer med 3-lags energiruder (afsnit 3.2.3):  $U_w = 0,8$  ;  $g_g = 0,50$
- K7: Indvendig efterisolering af kældergulvet (afsnit 3.2.4)

##### 4.1.1.2 Installationer

- I1: Installation af mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding (afsnit 3.3.1)
- I2: Installation af kondenserende oliefyr (afsnit 3.3.2)
- I3: Installation af kondenserende gasfyr (afsnit 3.3.2)
- I4: Installation af jordvarmepumpe med en relativ COP på 1,1 (afsnit 3.3.2) og en nominel effekt på 10 kW
- I5: Skift til fjernvarme (afsnit 3.3.2)

##### 4.1.1.3 Vedvarende energi

- V1: Etablering af solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning - solfangere monteret med 45 gr. hældning på vestlig tagflade (afsnit 3.3.3)
- V2: Etablering af solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning - solfangere monteret med 45 gr. hældning mod syd (afsnit 3.3.3)

### 4.1.2 Energibesparelser ved enkelttiltag

Tabel 1 og Figur 9 viser energibesparelsen ved ovennævnte tiltag, hvis de indføres som eneste tiltag, dvs. alt andet lige. Ved nogle tiltag kan besparelser simpelt adderes for at få energibesparelsen ved indførelse af flere tiltag, f.eks. nye vinduer, mekanisk ventilation, solvarme og solceller, mens andre tiltag er afhængige af hinanden, f.eks. udvendig

efterisolering af ydervæge, fundamenter og varmfordelingsanlæg. Men resultaterne giver en idé om, hvordan energitiltagene kan grupperes for at opnå den ønskede energimæssige målsætning, f.eks. lavenergiklasse 1 niveau.

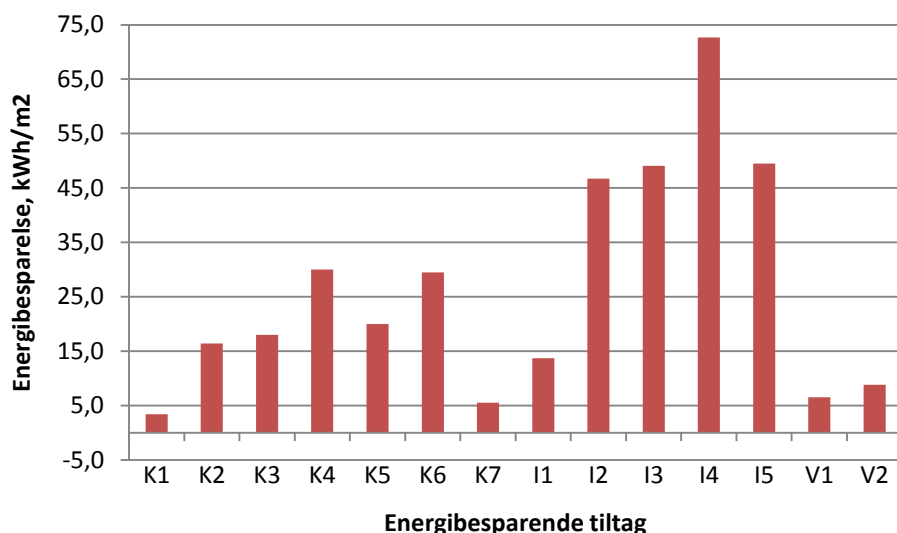
Tabel 1. Årlige energibehov og energibesparelser for enkelttiltag.

Energibesparende tiltag	Energi behov for bygningen	Energibesparelse ift. i dag
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Eksisterende hus	174,6	-
K1	171,2	3,4
K2	158,2	16,4
K3	156,6	18,0
K4	144,6	30,0
K5	154,6	20,0
K6	145,1	29,5
K7	169,1	5,5
I1	160,9	13,7
I2	127,9	46,7
I3	125,5	49,1
I4	101,9	72,7
I5	125,1	49,5
V1	168,1	6,5
V2	165,8	8,8

Tabel 1 men især Figur 18 viser at de største energibesparelser på tiltag på klimaskærmen opnås ved udvendig efterisolering af ydervægge (K4) samt udskiftning af vinduerne til lavenergivinduer (K6). En sammenligning af K5 og K6 viser, at skift til lavenergivinduer frem for almindelige energivinduer giver en ekstra energibesparelse på ca. 10 kWh/m<sup>2</sup>.

Installation af mekanisk ventilation (I1) giver en mindre energibesparelse, når ventilationsanlægget anvendes i hele bygningen inkl. kælder. Ventilationsanlægget er et attraktivt tiltag set i lyset af de resulterende indeklimafordele mv.

Installation af nyt olie/gasfyr, jordvarmepumpe og fjernvarme giver alle meget store energibesparelser, hvilket skyldes det relativt dårlige udgangspunkt i form af et ældre og ikke så energieffektivt olie-fyr. Installation af solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning (V1/V2) giver en væsentligt mindre energibesparelse, men benytter til gengæld vedvarende energi som er fremtidssikret. Jordvarmepumpen giver klart den største energibesparelse, men er også en noget dyrere løsning end de andre varmforsyningsløsninger.



Figur 18. De årlige energibesparelser, som tiltagene giver anledning til.

## 4.2 Kombination af tiltag

Ingen tiltag kan alene bringe bygningen på BR08 niveau. For at komme på BR08 niveau skal bygningens energibehov nedbringes fra ca. 174,6 til 80,3 kWh/m<sup>2</sup>. Dette kræver betydelige tiltag. For at nå ned på lavenergiklasse 1 niveau er der behov for vidtgående tiltag inkl. brug af solvarme.

Tiltagene kan ikke udelukkende prioriteres på baggrund af energibesparelsen. Der er behov for at se på komfort, økonomi og ejerens ønsker til udseende og funktion.

Ejeren er ikke uinteressert i et vidtgående men energieffektivt tiltag som udvendig facadeisolering. Han er grundlæggende tilfreds med husets udtryk og funktion som det er, men er utilfreds med energiøkonomien, og er ikke ”religiøs” mht. husets æstetiske udtryk. Så hvis der var væsentlige økonomiske og/eller funktionelle gevinster, kunne han godt affinde sig med et andet udtryk. Ejeren ønsker ikke indvendig efterisolering og reducere af brugsarealet, da de enkelte rum har et relativt beskedent areal. Det er ønske om fortsat at opvarme kælderen til brug som vaskerum, værksted mv.

Ejeren er umiddelbart tilfreds med indeklimaet. Renovering med udskiftning af vinduer og tætning af huset skaber et behov for sikring af et tilstrækkeligt luftskifte. Det vil derfor være oplagt at lave mekanisk ventilation med varmegenvinding for kontrolleret indblæsning af tempereret udeluft og bedre bolig komfort og indeklima samt mindre energiforbrug. Dette er ejeren ikke uinteressert i.

### 4.2.1 Overholdelse af BR08 krav til nye huse

Det er påvist at vinduer og tag trænger til udskiftning inden for nærmeste fremtid. I samme ombæring vil det være relevant og relativt billigt også at isolere facaden. Hvis det gøres efterfølgende vil det betyde ekstraudgifter til flytning af vinduer og nye tilslutninger omkring vinduer og tagfod. Desuden ønsker ejeren at skifte oliefyret ud med en anden varmforsyning og er umiddelbart mest interesseret i naturgas.

Det undersøges i første omgang om følgende kombination af tiltag kan bringe huset energibehov ned på BR08-niveau:

BR08: K2+K3+K5+I3

Denne kombination omfatter indvendig efterisolering af ydervægge. Der er regnet med lavere fremløb-/returløbsstemperaturer til radiatorer på 55/40 °C, som følge af et betydeligt reduceret varmetab og dermed varmebehov.

Denne kombination bringer huset energibehov ned på 76,6 kWh/m<sup>2</sup>, og bringer altså huset på BR08 niveau (se også Figur 19), idet energirammen er 80,3 kWh/m<sup>2</sup>.

Nøgletal, kWh/m <sup>2</sup> år	
Energiramme	
BR: 80,3	Klasse 2: 57,5      Klasse 1: 40,1
Samlet energibehov	76,6
Bidrag til energibehovet	
Varme	72,0
El til bygningsdrift	1,8 *2,5
Overtemp. i rum	0,0
Netto behov	
Rumopvarmning	58,5
Varmt brugsvand	15,0
Køling	0,0
Udvalgte elbehov	
Belysning	0,0
Opvarmning af rum	0,0
Opvarmning af vbv	0,0
Varmepumpe	0,0
Ventilatorer	0,0
Pumper	1,4
Køling	0,0
Totalt elforbrug	32,5
Varmetab fra installationer	
Rumopvarmning	0,0
Varmt brugsvand	1,9
Ydelse fra særlige kilder	
Solvarme	0,0
Varmepumpe	0,0
Solceller	0,0

Figur 19. Nøgletal for Be06 beregning efter renovering til nybyg niveau (BR08)

#### 4.2.2 Lavenergiklasse 2

Det vil også være relevant at gøre huset tæt og sikre et konstant luftskifte og godt indeklima med et ventilationsanlæg, samt at gå et skridt videre med vinduerne og vælge lavenergivinduer.

For at huset opfylder kravene til lavenergiklasse 2, skal energiforbruget være under 57,5 kWh/m<sup>2</sup>. Dette kan gøres ved følgende renoveringstiltag:

LE2: K2+K3+K6+I1+I3

Denne kombination bringer huset energibehov ned på 56,7 kWh/m<sup>2</sup>, og bringer altså huset på lavenergiklasse 2 niveau (se også Figur 20).



Nøgletal, kWh/m <sup>2</sup> år	
<b>Energiramme</b>	
BR: 80,3	Klasse 2: 57,5      Klasse 1: 40,1
<b>Samlet energibehov</b> 56,7	
<b>Bidrag til energibehovet</b>	
Varme	48,3
El til bygningsdrift	3,4 *2,5
Overtemp. i rum	0,0
<b>Udvalgte elbehov</b>	
Belysning	0,0
Opvarmning af rum	0,0
Opvarmning af vbv	0,0
Varmepumpe	0,0
Ventilatorer	1,6
Pumper	1,4
Køling	0,0
Totalt elforbrug	34,0
<b>Netto behov</b>	
Rumopvarmning	33,1
Varmt brugsvand	15,0
Køling	0,0
<b>Varmetab fra installationer</b>	
Rumopvarmning	0,0
Varmt brugsvand	1,9
<b>Ydelse fra særlige kilder</b>	
Solvarme	0,0
Varmepumpe	0,0
Solceller	0,0

Figur 20. Nøgletal for Be06 beregning efter reovering til lavenergiklasse 2

### 4.2.3 Lavenergiklasse 1

For at bringe huset i nærheden af lavenergiklasse 1, er der behov for en mere effektiv isolering af ydervæggene i form af udvendig efterisolering (sammenlignet med den ovenfor anvendte indvendige isolering). Dette tiltag kan ikke alene bringe huset til klasse 1, idet der ”kun” spares 12 kWh/m<sup>2</sup>, jf. analyser af enkelttiltag. Derfor regnes også med etablering af et solvarmeanlæg til varmt brugsvand.

LE1: K2+K4+K6+I1+I3+V2

Kombination LE1 resulterer i et energibehov på 39,8 kWh/m<sup>2</sup>, hvilket lige netop er under energirammen for lavenergiklasse 1 (se Figur 21).

Nøgletal, kWh/m <sup>2</sup> år	
<b>Energiramme</b>	
BR: 80,3	Klasse 2: 57,5      Klasse 1: 40,1
<b>Samlet energibehov</b>	39,8
<b>Bidrag til energibehovet</b>	
Varme	30,2
El til bygningsdrift	3,8 *2,5
Overtemp. i rum	0,0
<b>Netto behov</b>	
Rumopvarmning	22,6
Varmt brugsvand	15,8
Køling	0,0
<b>Udvalgte elbehov</b>	
Belysning	0,0
Opvarmning af rum	0,0
Opvarmning af vbv	0,0
Varmepumpe	0,0
Ventilatorer	1,6
Pumper	1,7
Køling	0,0
Totalt elforbrug	34,5
<b>Varmetab fra installationer</b>	
Rumopvarmning	0,0
Varmt brugsvand	2,7
<b>Ydelse fra særlige kilder</b>	
Solvarme	8,6
Varmepumpe	0,0
Solceller	0,0

Figur 21. Nøgletal for Be06 beregning efter renovering til lavenergiklasse 1

Det skal bemærkes, at der beregningsmæssigt ikke er problemer med overtemperaturer i rum, hvilket kan være et problem i lavenergihuse. Der er altså ikke brug for yderligere solafskærmning (f.eks. udvendig solafskærmning) ud over de simulerede indvendige gardiner. Dette skyldes til dels lavenergivinduerne, som reducerer solindfaldet, men også den betydelige indvendige varmekapacitet (bagvæg og indvendig skillevejg i teglsten), som kan optage varmeoverskud, så indetemperaturen begrænses.

### 4.3 Økonomiaspekter/-beregninger

Huset generelle bygningsfysiske og funktionelle tilstand er som tidligere beskrevet mindre god. Tag og vinduer står over renovering/udskiftning inden for nærmeste fremtid og der er behov for en delvis omfugning af det udvendige murværk. Desuden har huset et ældre oliefyr, som med fordel kan udskiftes til et moderne kondenserende oliefyr eller anden form for varmforsyning. Huset trænger generelt til indvendig renovering og modernisering, f.eks. elinstallationer, gulve, køkken og badeværelse.

#### 4.3.1 Fremtidige renoveringsudgifter

Bolius har lavet et skøn over udgifterne til *udbedringer og vedligeholdelse* (Bolius 2009) og kommer frem til en samlet udgift over de næste 10 år på 853.000 kr. inkl. moms. Udbedringer defineres som skader eller mangler, der skal ordnes, for at boligen bringes på normal vedligeholdelsesmæssig stand, mens vedligeholdelse er aktiviteter, der skal udføres for at holde bygningen i normal vedligeholdelsesmæssig stand, så skader undgås. Medregnes også en række oplagte *forbedringer*, herunder energiforbedringer som udskiftning af oliefyret, beløber de samlede udgifter sig til 1,55 mio. kr., heraf ca. 110.000 kr. til vedligeholdelse.

#### 4.3.2 Renovering versus at bygge nyt

Et alternativ til at renovere huset, er at rive det ned og bygge nyt, især hvis bevaringsværdien af huset er lille, hvilket vurderes at være tilfældet for det aktuelle hus set i forhold til klassiske bedre byggeskik huse. For 1,55 mio. kr. vil man kunne bygge et tilsvarende nyt hus, dog uden kælder, der vil være født med et væsentligt mindre energibehov sammenlignet med det eksisterende hus. Udgifter til nedrivning (50.000-100.000 kr. ekskl. moms), genhusning og lavenergitiltag kommer dog oveni.

Resultatet af husejerens samlede vurdering af at renovere eller bygge nyt, vil for mange formentlig resultere i at nybyg løsningen fravælges på trods af god nybyg økonomi mv., da det kræver en god privatøkonomi og mulighed for en fornuftig finansiering. Der er umiddelbart behov for en ”gulerod” i form af støtte fra staten.

En skrotningsordning for småhuse, målrettet skrotningsrelevante huse, samt attraktive finansieringsordninger kunne i den forbindelse være relevant for at give incitament og bedre økonomisk mulighed for at realisere et nybyg projekt, der både for samfundet og husejeren vil være en god løsning. En attraktiv finansieringsordning kunne være billige, statsgaranterede lån (som det ses i Tyskland), som ville også være stimulerende for husejere til at tage den store beslutning at skrotte deres hus. En parallel ordning med billig energirenovningslån til de tilfælde hvor huse er bevaringsværdige vil også være relevant.

Som grundlag for beslutning om statslig støtte til energirenovring eller nedrivning og nybyg, vil et politisk relevant spørgsmål være: Hvad er de samfundsøkonomiske konsekvenser af: 1) gøre intet, 2) rive ned og genopbygge og 3) renovere/modernisere efter behov.

#### 4.3.3 Energiøkonomien i energirenovring til lavenergiklasse 1

Renoveringstiltag i form af *udbedringer og forbedringer*, der har energimæssige konsekvenser og bringer huset på lavenergiklasse 1 niveau (forventet krav til nye huse i 2015), fremgår af Tabel 2 nedenfor og beløber sig til ca. 1 mio. kr. Priser som er udspecificeret på materialer og arbejds løn er baseret på Bolius (Bolius 2009), mens de er baseret på forfatterens skøn, hvor der kun er angivet en totalpris.

Tabel 2. Samlede udgifter til energirenovering til lavenergiklasse 1.

Tiltag	Type	Materialer	Arbejds løn	I alt, kr.
Udskiftning og efterisolering af taget	Udbedring	200.000	180.000	380.000
Udskiftning af vinduer og døre	Udbedring	120.000	25.000	145.000
Udvendig efterisolering af ydervægge	Ud-/forbedring			150.000
Mekanisk ventilation med varmegenv.	Ud-/forbedring			50.000
Udskiftning af oliefyr	Forbedring	100.000	80.000	180.000
Udskiftning af termostatventiler	Forbedring	9.000	4.200	13.200
Solvarmeanlæg til varmt brugsvand	Forbedring			30.000
Ekstra energitiltag vedr. Bolius tiltag				100.000
I alt				1.048.200

Udgiften til energitiltag er interessant at sammenligne med energibesparelsen. For at finde udgiften til energitiltag skal der korrigeres for hvad der er nødvendige udbedringer/renovering. Det skønnes at nødvendigt renoveringsarbejde eller tiltag som vil blive gennemført alligevel af andre årsager udgør halvdelen af den samlede udgift. Udgiften til energitiltag for at opnå lavenergiklasse 1 skønnes derfor til ca. 0,5 mio. kr.

Forudsættes det at den halve million kroner finansieres med et 4 % fastforrentet realkreditlån over 30 år (med afdrag) er 1. års ydelsen efter skat på 2080 kr./måned (Realkredit Danmark, 01-07-10). Andre lånetyper vil være billigere. De forskellige tiltag har beregningsmæssigt levetider der er lidt større eller mindre end låneperioden, men i gennemsnit er levetiden ca. 30 år. Så derfor vil det være rimeligt at sammenligne den månedlige låneudgift baseret på et lån over 30 år med den månedlige besparelse på energiregningen, som bestemmes nedenfor.

Der forudsættes følgende energipriser:

Fyringsoliepris: 9 kr/liter = 0,9 kr/kWh (cirka pris ved levering af olie med tankbil)  
 Naturgas: 9,432 kr/m<sup>3</sup> = 0,86 kr/kWh (fastpris, 2-årig aftale hos Dong pr. 01.07.10)  
 El: 1,89 kr/kWh (produkt "basispris" hos Dong pr. 01.07.10)

Energirenovering til lavenergiklasse 1 vil resultere i en markant reduktion i de årlige energiudgifter, svarende til 26.400 kr. eller ca. 2.200 kr./måned (se Tabel 3).

Tabel 3. Årlige energibehov og energiudgifter (baseret på beregninger). Huset har 214 m<sup>2</sup> opvarmet etageareal.

	Varmeforsyning	Varme, brutto [kWh/m <sup>2</sup> ]	El [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energiudgifter i alt [Kr]
Eksisterende hus	Oliefyr	169,2	2,2	33.478
Lavenergiklasse 1	Naturgasfyr	30,2	3,8	7.079

Der er umiddelbart attraktivt at energirenovere huset til lavenergiklasse 1. Totaløkonomien er omtrent neutral og der opnås en bedre bolig-komfort og indeklima og huset vil være energimæssigt fremtidssikret.



## **5 Referenceliste**

Energistyrelsen 2008. Håndbog for Energikonsulenter. Version 3. ISBN 978-87-7844-813-2.

SBi, 2008. SBi-anvisning 213: Bygningers energibehov – pc-program og beregningsvejledning

DS418:2002 inkl. tillæg, Dansk Standard, 6. Udgave, 2002

Bolius Boligejernes Videncenter A/S, 2009. Bolius Vedligeholdelsesplan for huset Einarsvej 18 - 2800 Kgs. Lyngby.

Rapporten omhandler, hvordan man kan energirenovere en et ældre murermesterhus til bygningsreglementets minimumskrav til nye bygninger og til lavenergyniveau (klasse 2 og 1). Rapporten omfatter en detaljeret beskrivelse af den eksisterende eksempelbygning - i form af f.eks. konstruktioner, installationer og energiforbrug - analyse af energirenoveringsmuligheder samt forslag til energirenovering i form af enkelttiltag og kombinationer af tiltag. Energiberegningerne er udført med programmet BeO6.

Der redegøres også for den økonomiske effekt af tiltagene i forhold til investeringen.

**DTU Byg**  
**Institut for Byggeri og Anlæg**  
Danmarks Tekniske Universitet

Brovej, Bygning 118  
2800 Kgs. Lyngby  
Tlf. 45 25 17 00

[www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk)

**ISBN 9788778773043**  
**ISSN 1601-2917**